Aus der Universitäts-Strahlenklinik Marburg/Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochemont

Das Wachstum von Kaninchenschädeln nach Ligatur der großen Hals- und Kopfgefäße

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades in der gesamten Medizin
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philippsuniversität Marburg an der Lahn

vorgelegt von

Eckhard Schröder
aus Siegen/Westfalen

Marburg 1969

Fotodruck: Erich Mauersberger, Marburg

Aus der Universitäts-Strahlenklinik Marburg/Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochemont

Das Wachstum von Kaninchenschädeln nach Ligatur der großen Hals- und Kopfgefäße

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades in der gesamten Medizin
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philippsuniversität Marburg an der Lahn

vorgelegt von

Eckhard Schröder
aus Siegen/Westfalen

Marburg 1969

Fotodruck: Erich Mauersberger, Marburg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 21. 7. 1969
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof.Dr.rer.nat. P. Karlson
Referent: Prof.Dr.med.H.J. Süsse
Correferent: Prof.Dr.med. J.W. Rohen

Inhaltsverzeichnis

. Beobachtungen von Schädelasymmetrien beim Kaninchen nach Ligaturen der großen Kopfgefäße.

. Gestaltende Faktoren beim Wachstum des Schädelskeletts.

. Anatomie und Durchblutung des Kaninchenschädels. (Anatomische Besonderheiten).

. Zur Physiologie der Durchblutung am Kopf beim Kaninchen.

. Untersuchungen über den Einfluß von Ligaturen der großen Hals- und Kopfgefäße auf das Wachstum des Kaninchenschädels.

.1 Allgemeines.

.2 Versuchstiere.

.3 Narkose.

.4 Operationstechnik.

.5 Verhalten der Tiere nach der Operation und weitere Aufzucht.

.6 Die röntgenangiographische Darstellung der Kopfgefäße.

.7 Die Herstellung des Schädelskeletts.

.8 Übersicht über die durchgeführten Ligaturen großer Hals- und Kopfgefäße beim wachsenden Kaninchen und Beurteilung der Arteriogramme sowie der Schädelskelette der ausgewachsenen Tiere.

.9 Zusammenfassende Übersicht über die durchgeführten Ligaturen großer Hals- und Kopfgefäße beim Kaninchen mit den Ergebnissen der Versuchsreihe.

. Besprechung der Ergebnisse.

. Zusammenfassung.

. Literaturverzeichnis.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41534924_0034

Beobachtungen von Schädelasymmetrien beim Kaninchen nach Ligaturen der großen Kopfgefäße.

Im Jahre 1963 führte Süsse an mehreren sehr jungen Kaninchen Ligaturen der A.carotis communis einer Seite durch. Bei zwei der später ausgewachsenen Versuchstiere fanden sich starke Asymmetrien des Schädelskelettes. Die Schädelbasis war an der Naht zwischen dem basalen Teil des Os occipitis und des Os sphenoidalis (Synchondrosis sphenoidalis) stark verzogen, und es bestand eine Asymmetrie im Bereiche des Arcus zygomaticus, des Foramen magnum und der Procc. condyloideae des Os occipitis. Weiterhin zeigte der Schädel, von der Basis aus betrachtet, starke Dysplasien am basalen Teil des Os occipitis sowie der Procc. pterygoidei des Os sphenoideum.

Peglow (Dissertation [22]) untersuchte daraufhin an einem größeren Kollektiv von Kaninchen, ob die ein- oder beidseitige Durchtrennung der A.carotis communis einen Einfluß auf die Durchblutung und das Wachstum des Schädels hat, wenn die Gefäßligatur am jungen, noch in der Stillperiode befindlichen Tier ausgeführt wird. Er nahm die Durchtrennung der Gefäße in verschiedener Weise vor, zum Teil auch in Kombination mit gleichzeitiger Durchtrennung der V.jugularis externa und des Nervus vagus. Ohne Komplikationen überstanden die Tiere eine einseitige Ligatur der A.carotis communis auch in Verbindung mit einer Ligatur der V.jugularis externa und des gleichseitigen Nervus vagus. Selbst die schließlich versuchte Durchtrennung beider Carotiden in einer Sitzung überlebten die Tiere. Die späteren Untersuchungen ergaben, daß diese Eingriffe keinen Einfluß auf das Wachstum des Schädels ausübten.

Die angiographischen Untersuchungen der Kopfgefäße der inzwischen ausgewachsenen Kaninchen zeigte, daß nach Durchtrennung beider Carotiden die Blutzufuhr zum Schädel jeweils über die kompensatorisch erweiterten, verbliebenen anderen Hals-Kopfarterien, besonders über die Aa. vertebrales aufrecht erhalten wird. Bei zwei Tieren jedoch, bei denen Ligaturen der A. carotis externa und interna auf der gleichen Seite durchgeführt worden waren, zeigte sich an den später präparierten Schädeln eine mäßige, aber doch deutliche Asymmetrie.

Peglow folgerte daraus, daß die Wachstumsasymmetrie des Schädels Ausdruck der "Durchblutungsasymmetrie" und somit Folge der Gefäßligaturen mit ihrer spezifischen Lokalisation und einer mangelhaften Anastomosenbildung sein könnten.

Um diese Frage weiter abzuklären, wäre ein größeres Tierkollektiv notwendig, an dem neben der Ligatur der A.carotis interna und externa einer Seite auch andere Variationen der Gefäßdurchtrennung, zum Beispiel auch an den großen Kopfvenen, versucht werden müßte.

Eine solche Versuchsreihe könnte zeigen, ob nach Ligatur der großen Hals- und Kopfgefäße am wachsenden Kaninchenschädel eine wirksame "Durchblutungsasymmetrie" und eine hiervon abhängige Wachstumsasymmetrie auftreten kann. In dieser Arbeit werden zu dieser Fragestellung eigene, an einem größeren Kollektiv sehr junger Kaninchen durchgeführte Untersuchungen und ihr Einfluß auf die Durchblutung und auf das Wachstum des Schädels beschrieben.

2. Gestaltende Faktoren beim Wachstum des Schädelskeletts

Nach allgemeiner Ansicht spielen die wesentliche Rolle beim Wachstum allgemein genetische Faktoren, zu denen noch Einflüsse der Umwelt hinzukommen.

Mitbestimmende und das Wachstum beeinflussende Faktoren dürften erwartungsgemäß die Durchblutung, die Hormone mit ihrer gegenseitigen Beeinflussung, die Vitamine und auch die Ernährungsbedingungen sein.

Speziell am Schädel formend sind nach Benninghoff Druck- und Zugwirkungen der Kaumuskulatur, nach Nötzel [19] unter pathologischen Bedingungen endocraniale Druckverhältnisse.

So beobachtet man abnorm veränderte Schädelformen nach Hydrocephalus wie Asymmetrien des Gesamtschädels sowie auch der Stirnhöhlen bei raumfordernden Prozessen im Endocranium zum Beispiel bei Cysten oder Tumoren. Schädelasymmetrien werden auch nach frühkindlichen duralen Hämatomen festgestellt.

Auf die Abhängigkeit der Ausbildung der asymmetrischen Stirnhöhlen beim Menschen von der asymmetrischen Druck- und Hämodynamik weist Süsse hin [33].

Fehlkonfigurationen des Schädels kommen weiterhin durch frühzeitigen Nahtverschluß einer oder mehrerer Schädelnähte zustande, wobei die Ursache des frühzeitigen Nahtverschlusses unbekannt ist.

3. Anatomie und Durchblutung des Kopfes beim Kaninchen

Anatomische Besonderheiten

Das Schädelskelett des Kaninchens zeigt in seinen Größenverhältnissen eher Ähnlichkeit mit dem eines Vogels (Krause [13]). So ist auch beim Kaninchen der Durchmesser des Schädels in der medianen Sagittalebene weitaus größer als sein Transversaldurchmesser. Der Vertikaldurchmesser wiederum ist kleiner als der Transversaldurchmesser.
Die Augenhöhlen sind nach der Seite gerichtet. Die seitliche Begrenzung ist der Arcus zygomaticus. Nach caudal sind die Orbita offen; sie werden durch den Musculus temporalis und den Musculus pterygoideus internus und externus nach unten verschlossen.
Die Schädelnähte bleiben auch am ausgewachsenen Schädel bestehen, wobei allerdings das Os zygomaticum eine Ausnahme macht; dieses verknöchert frühzeitig mit dem Processus zygomaticus des Os maxillaris superius (Krause).

Bemerkenswerte Unterschiede zum Schädelskelett des Menschen finden sich nach Krause auch in den Öffnungen des Kaninchenschädels: Das Foramen opticum ist unpaar. Man kann also durch das unpaare Foramen opticum von einer Seite her durch beide seitlich gestellte Augenhöhlen hindurchsehen. Ein Foramen cavernosum für den Durchtritt einer Vene liegt im Corpus ossis sphenoidei. Zu einer Öffnung zusammengeschlossen sind das Foramen rotundum mit der Fissura orbitalis superior und das Foramen ovale mit dem Foramen lacerum. Es fehlt das Foramen zygomaticotemporale. Das Foramen sphenopalatinum wird nur vom Os palatinum gebildet. - Sehr groß sind das Foramen incisivum und die Fissura orbitalis inferior.
Nach Krause wird der Gesichtsschädel durch 15 Gesichtsknochen, der Hirnschädel durch 10 Schädelknochen gebildet.

Die Schädelhöhle wird durch die unpaaren Knochen: Os occipitis, Os interparietale, Oss. sphenoidale anterius und posterius, Os ethmoideum, Os frontis und die paarig angelegten Oss. parietalia sowie der Oss. temporalia zusammengesetzt. Betrachtet man den Schädel von oben, so fallen zunächst vorne die langen Ossa nasi auf. An ihrer lateralen Seite steigen nach hinten die nadelförmigen Procc. frontales der Ossa intermaxillaria auf. Lateral hiervon werden diese auf beiden Seiten teilweise von den dünnen und spitzen Procc. maxillaris Oss. frontis umfaßt. - Die lateralen Flächen des Corpus Oss. maxillaris superioris proprii sind durchbrochen. In der porösen Knochenmasse bemerkt man am untersten Rande das Foramen infraorbitale. Das Os frontale nimmt an der Bildung des Gesichtsschädels teil. Es entsendet nach vorn zwischen die dorsalen Enden der Ossa nasi einen langen Fortsatz, die Spina nasalis. Nach cranial werden die Orbitae durch die Arcus supraorbitales knöchern begrenzt. Nach vorn und hinten zeigen diese zwei lange Fortsätze, die Processus supraorbitales anterior und posterior. Die laterale knöcherne Begrenzung der Orbita bilden die Arcus zygomatici.
Das Dach des Hirnschädels bilden hauptsächlich die beiden Ossa parietalia. Die Ossa parietalia und der Pars squamosa Ossis occipitis fassen das kleine Os interparietale zwischen sich. Am vordersten Rande des Os interparietale findet sich das Tuberkulum interparietale. Am hintersten Rande erhebt sich das große Tuberkulum occipitale. Weiter cranialwärts folgt die Protuberantia externa.

Beträchtliche Unterschiede zum menschlichen Schädel weist die Schädelbasis des Kaninchens auf: Das Foramen incisivum ist außerordentlich groß. Nach dorsal zu wird es begrenzt durch die medianwärts zusammenstoßenden Partes mediales der Procc. palatini Ossis intermaxillaris. Die Processus sind schmal, so daß das Palatum darum sehr klein gestaltet

ist. Am dorsalen lateralen Winkel der Procc. palatini liegt jederseits das Foramen palatinum.
Das Os sphenoidale ist in der Länge gestreckt, die Hamuli pterygoidei sind rückwärts gekrümmt.
In der Medianlinie des Corpus Oss. sphenoidei liegt das Foramen cavernosum. - Am Grunde der Lamina lateralis processus pterygoidei sind drei kleine Foramina erkennbar. Sie werden nach Krause als F. sphenoidalia bezeichnet.

Ein großes Foramen lacerum ist mit dem Foramen ovale vereinigt. Die Fissura orbitalis inferior ist so groß, daß das Cavum orbitale nach caudal zu vollkommen offen ist und nur durch Muskulatur verschlossen wird.
Einige Besonderheiten fallen am hinteren Teil der Schädelbasis auf. Das Os temporale besitzt eine glatte, blasenförmig aufgetriebene Bulla tympani. Sie gleicht einem Proc. mastoideus. An der medialen Seite der Bulla tympani sind die Apertura canalis carotici angelegt.
Die Procc. mastoidei liegen hinter der Bulla tympani.
Das Foramen jugulare ist im Gegensatz zum menschlichen Schädel hier eine sehr enge, längliche Spalte.
Das Foramen magnum wird nach lateral durch die beiden Condyli Ossis occipitis begrenzt. Die Ebene des Foramen magnum steht fast in horizontaler Stellung (Krause).

Schädel von der Seite. *Po* Protuberantia occipitalis externa. *To* Tuberculum occipitale. *Oi* Os interparietale. *Ti* Tuberculum interparietale. *XX* Einstichsstelle für den Diabetesstich.

Abb. 1
Seitliche Ansicht vom Schädelskelett des Kaninchens mit Beschriftung. Aus Krause, W.: Anatomie des Kaninchens in topographischer und operativer Rücksicht, S.221,Fig.27; Verlag: W.Engelmann, Leipzig 1868.

Schädel von hinten. *Oi* Vorderes Ende des Os interparietale oder Tuberculum interparietale. *To* Tuberculum occipitale. *Po* Protuberantia occipitalis externa.

Abb. 2
Rückansicht vom Skelett des Kaninchenschädels m.Beschriftung Aus Krause,W.: Anatomie des Kaninchens in topographischer und operativer Rücksicht, S.221, Fig.28; Verlag: W.Engelmann, Leipzig 1868.

Eine Orientierung über die größeren Arterien des Kaninchenschädels kann nach den neueren angiographischen Studien von Musella [18] und unseren eigenen Arteriogrammen (siehe hinten) gegeben werden.
Beide Aa. carotides, die A. communis dextra und auch sinistra, sowie die A. subclavia dextra gehen gemeinsam aus einem Truncus anonymus hervor, der an der cranialen Wand der Aorta ascendens entspringt. Die A. subclavia sinistra kommt selbstständig aus dem Arcus aortae.
Die Aa. carotides communes geben die Aa. thyreoideae superiores und die Aa. pharyngeae ascendens ab, letztere sind jedoch im Arteriogramm selten auszumachen, da sie an der Gabelung der A. carotis communis von anderen größeren Gefäßen überlagert werden.

Die Gabelungsstelle der A. carotis communis liegt sehr weit cranial, etwa in Höhe des ersten Halswirbels. Die A. carotis externa ist im Gegensatz zur A. carotis interna ungleich stärker entwickelt.

Nach der Nomenklatur von Musella gabelt sich die A. carotis externa in die folgenden großen Zweige auf: Nach ventral zieht die A. facialis und die A. lingualis, nach dorsal die A. temporalis superficialis und die A. maxillaris. Die dorsal entspringende A. occipitalis entspringt aus der A. carotis externa, nach den Untersuchungen von Musella in einem Drittel der Fälle jedoch aus der A. carotis interna. Die A. temporalis superficialis entsendet nach dorsal die A. auricularis posterior und nach ventral die A. facialis transversalis. Die A. maxillaris verzweigt sich in die für die Anastomosenbildung wichtige A. ophthalmica externa und in die ventralwärts ziehende A. pterygopalatina und A, sphenopalatina.
Die A. carotis interna stellt sich im Arteriogramm als ein nur kleines Gefäß dar. Musella vermutet, daß das Kontrastmittel bevorzugt in die Zweige der A. carotis

externa entweicht, da in diesem System ein relativ geringerer hydrodynamischer Druck herrsche.
Die Aufzweigungen der A.carotis interna im Schädel sind oft schwer zu erkennen. Musella hat zur Darstellung der intracerebralen Arterien einen Kunstgriff angewandt, indem er die Angiographie der Kopfgefäße vornahm, nachdem er auf beiden Seiten die A. carotis externae ligiert hatte. Die gesuchten Gefäße wurden nun erst richtig erkennbar.

Der erste Zweig der A. carotis interna ist die A. ophthalmica, von Musella auch als A. ophthalmica interna benannt. Das Gefäß ist klein, im normalen Angiogramm ist es schwer zu erkennen. Als nächstes gibt die A. carotis interna die A. communicans posterior ab. Die Endaufzweigungen der A. carotis interna sind schließlich die A. cerebri media und die A. cerebri anterior. Nach den Beschreibungen von Musella verschmilzt die letztere zu einem gemeinsamen Truncus cerebri anterior, der wiederum mehrere Rami pericallosae entsendet.
Bei der angiographischen Darstellung der A.carotis interna wird durch rückläufige Füllung der Gefäße auch die A. basilaris und die A. vertebralis sichtbar. Die A. basilaris gibt zum Kleinhirn die A. cerebellaris inferior und superior ab, sie verzweigt sich in die beiden Aa. cerebri posteriores, welche mit den Aa. communicantes posteriores anastomosieren.

Als wichtigste Verbindung zwischen dem Gefäßnetz der A. carotis interna und der A. carotis externa wird von Musella die Anastomose über die A. ophthalmica beschrieben.

Wird an einer der beiden inneren Carotiden eine Ligatur angelegt, so füllt sie sich retrograd über die gleichseitige A. ophthalmicaexterna- A. ophthalmica interna.

Bei der Ligatur einer A. carotis externa wird die gleichseitige A. maxillaris über die A. ophthalmica externa- A. ophthalmica interna rückläufig gefüllt.

Der Circulus arteriosus cerebri (Willisi) des Kaninchens hat nach Krause keine A. communicans anterior. Nach Musella verschmelzen aber beide Aa. cerebri anteriores. Es sind somit etwa die gleichen Verhältnisse der Anastomosenbildung wie beim Menschen vorhanden.

Das Venensystem am Kaninchenschädel unterscheidt sich wesentlich von dem des menschlichen Schädels. Die V. jugularis interna ist nur schwach ausgebildet,und der Hauptabfluß des venösen Blutes erfolgt durch die V. jugularis externa. Diese kommuniziert durch ein Emissarium temporale mit dem Sinus transversus. Ein weiterer venöser Abfluß des Blutes aus der Schädelhöhle erfolgt durch ein von Krause beschriebenes Foramen cavernosum im Corpus ossis sphenoidalis posterioris. Hier steht der Sinus cavernosus mit einer V. vertebralis mediana in Verbindung. Die Kopfvenen bleiben getrennt, so daß beim Kaninchen zwei Venae cavae superiores entstehen. Die V. cava dextra nimmt den Verlauf der V. cava superior des Menschen ein. Die V. cava sinistra mündet in das Herz über den Sinus coronarius.

Etwas oberhalb des Sternumrandes kommunizieren beide Vv. jugulares externae über eine querverlaufende V. jugularis transversa. Nach Krause nimmt eine der beiden Vv. jugulares externae die oben beschriebene V. vertebralis auf.

4. Zur Physiologie der Durchblutung am Kopf beim Kaninchen.

Als die wichtigsten Anastomosen zwischen extra- und intracerebraler Durchblutung am Kaninchenschädel müssen nach neueren experimentellen Untersuchungen von Musella 1. die Aa. occipitales, 2. die Aa. ophthalmicae, 3. die Aa. vertebrales und 4. der Circulus arteriosus cerebri (Willisi) angesehen werden.
Diese Anastomosen sollten bei den geplanten Gefäßligaturen berücksichtigt werden, um die Durchblutungsasymmetrie wirksamer zu gestalten.

Eine beidseitige Ligatur der A. carotis communis hat beim Kaninchen einen Blutdruckabfall im Sinus caroticus unter das physiologische Niveau von 40 mm Hg zur Folge. Dieser Blutdruckabfall bleibt aus, falls zu den ligierten Aa. carotides communes noch beide Aa. carotides externae ligiert werden. Es werden im Falle eines gleichzeitigen Verschlusses beider Aa. carotides communes und der A. carotis externae über die Aa. vertebrales, den Circulus arteriosus cerebri und die Aa. carotides internae ein normaler Blutdruck im Sinus caroticus aufrechterhalten (Musella [18]).

Anstelle des Circulus arteriosus cerebri und der A.carotis interna dienen die Aa. occipitales als Anastomosen, falls die Aa. vertebrales allein den Blutdruck im Sinus caroticus aufrecht erhalten müssen. Durch eine Ligatur beider Aa. occipitales wird ein Anstieg des Blutdruckes im Sinus caroticus verhindert, falls beide Aa. carotides communes, sowie beide Aa. carotides externae ligiert sind.

Wird eine A. carotis communis ligiert, nachdem für längere Zeit beide Aa. carotides internae sowie sämtliche Zweige

der Aa. carotides externae außer den Aa. maxillares ligiert werden, so sinkt der Blutdruck im Sinus caroticus nur wenig ab. Erst die zusätzliche Ligatur der gegenseitigen verbliebenen offenen A. carotis communis führt zu einem Blutdruckabfall im Sinus caroticus. Aus dieser Tatsache folgert Musella, daß nach Ligatur zunächst nur einer A. carotis communis die Blutzufuhr von der gegenseitigen offenen A. carotis communis über die A.ophthalmica - A. maxillaris gesichert wird.

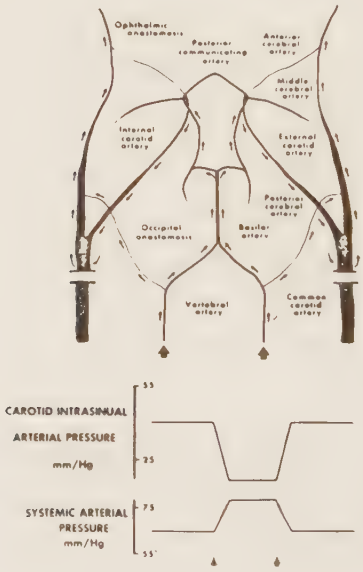

Abb. 3

Schematische Übersicht über die wichtigsten potentiellen Anastomosen am Kaninchenschädel.
Aus Musella. Effects of bilateral external carotid artery ligation on cerebral circulation in the rabbit. 2. Hemodynamic Aspects. Arch. Sci. biol., 1965, 49, 19-40.

5. Untersuchungen über den Einfluß von Ligaturen der großen Hals- und Kopfgefäße auf das Wachstum des Kaninchenschädels

5.1 Allgemeines:

Das in der Einführung gestellte Ziel war es, 1. zu untersuchen, ob es durch Gefäßligaturen bei sehr jungen Tieren gelingen kann, eine "Durchblutungsasymmetrie" am Schädel herzustellen, und 2. zu klären, ob als Folge der in bestimmten Regionen vorgenommenen Gefäßunterbindungen eindeutige Wachstumsasymmetrien am Schädelskelett beobachtet werden können.

Unter einfachen Bedingungen ist es operationstechnisch schwierig, eine Ligatur einer A. vertebralis beim Kaninchen durchzuführen. In der Literatur wurde auch keine Beschreibung einer solchen experimentellen Operation gefunden. Die Ligatur der A. vertebralis soll neben verschiedenen Variationen der Gefäßligaturen an den Zweigen der A. carotis communis versucht werden. Auch eine Stenose bestimmter Gefäße könnte vielleicht eine Durchblutungsasymmetrie erzeugen, weil hierbei erwartungsgemäß die potentiellen Anastomosen nicht voll zur Funktion gelangen. Dieser Eingriff wurde bei einigen Tieren vorgenommen.
Da nach Colt [4] bei einer künstlich angelegten Venenstenose ein zwar nicht großes, aber immerhin geringes Wachstum des abhängigen Knochens eintritt, schien es angebracht, auch gleichzeitig mit den Ligaturen von Arterien Venenstenosen an den großen Kopfvenen anzulegen.

Es wurde bereits angeführt, daß auch die Muskelfunktion einen großen Einfluß auf die Gestaltung des wachsenden und ausgereiften Knochens haben kann. Bei einem Tier

wurde deswegen auch der Musculus cleidomastoideus auf einer Seite durchtrennt. Eine etwaige Unregelmäßigkeit am später zu präparierenden Schädelskelett würde dann auf eine andere Kopfhaltung und eine abgeänderte Bewegung des Unterkiefers beim Kauakt zurückgeführt werden können.

5.2 Versuchstiere

Insgesamt wurden 58 Tiere, aus 11 Würfen stammend, zur Operation vorbereitet. Das Alter der Tiere am Tage der Operation betrug im Durchschnitt 3 bis 4 Wochen.
28 Tiere starben meist kurz nach Einleitung der Narkose, andere an unstillbaren Blutungen oder am Reflextod bei Manipulation an der Gabelung der A. carotis communis.
Eine erfolgreiche Operation gelang bei 30 Tieren.
Nach durchgeführter Operation starben später 7 Tiere.
Die Todesursache konnte auch nach einer Sektion nicht bei allen Tieren geklärt werden. Es waren dies die Tiere: Tier 1 (Abszeß an der rechten Halsseite), Tier 8 (Herzdilatation), Tier 13, Tier 17, Tier 19 (alle Todesursache ungeklärt), Tier 24 (Hirnmalacie) und Tier 25 (Enteritis).
Es überlebten 23 operierte Tiere. An diesen konnten etwa 4 Monate später eine Arteriographie vorgenommen werden.
Zusätzlich wurden aus Wurf 2, aus Wurf 6 und aus Wurf 7 je ein Tier als Kontrolltier K ausgewählt. Die Kontrolltiere wuchsen mit den anderen operierten Tieren zusammen auf. Es wurde bei diesen jungen Tieren die Erfahrung von Peglow bestätigt, daß das Muttertier die noch in der Stillperiode befindlichen operierten und zum Teil mit Äther narkotierten Tiere wieder annimmt. Am Tage nach der Operation saßen die operierten Tiere etwas unsicher auf ihren Läufen, am 2. und 3. Tag nach der Operation zeigten fast alle Tiere wieder ein normales Verhalten.

Narkose

Schwierigkeiten bereitete bei den 3 bis 4 Wochen alten Tieren die gute Durchführung der Narkose. Bei vielen Tieren trat trotz einer sorgfältigen Einleitung der Narkose bald ein Exitus ein. Als Narkoticum wurde Epontol oder Pernocton (Sek.-Butyl-ß-brom- allylbarbitursaures Natrium, Menge 0,5 bis 1 ml) langsam in die Ohrvene injiziert. Zusätzlich wurde gelegentlich ein mit Äther getränkter Wattebausch vor die Mund- und Nasenöffnung gelegt. Ein bis zwei Stunden nach der Operation konnten die bereits aufrecht sitzenden Tiere dem Muttertier zurückgegeben werden.

Operationstechnik

Um an die hochliegende Gabelung der A.carotis communis zu gelangen, orientiert man sich zweckmäßig am Kieferwinkel des Tieres. Zuerst wird in der seitlichen oberen Halsregion das Fell mit einer Schere entfernt. Nun wird unterhalb des Kiefernwinkels ein etwa 3 cm langer in cranio-caudaler Richtung verlaufender Schnitt gelegt. Beim Auseinanderhalten der Wundränder mit zwei kleinen Wundhaken ist darauf zu achten, daß die in den oberflächlichen Blättern der Halsfascie liegende V. jugularis nicht verletzt wird. Die Ränder des Musculus cleidomastoideus werden auseinandergedrängt und die Halsfascien vorsichtig durchtrennt. Der craniale Teil der A. carotis communis ist bei 3 Wochen alten Tieren ein etwa 1 bis 2 mm dicker, rötlicher, stark pulsierender Strang. Die Gabelung der A. carotis communis liegt unterhalb der Schädelbasis. Es bedarf einiger Geschicklichkeit, die gewünschten Zweige der A. carotis communis zu finden und zu ligieren. Dorsal der A. carotis communis liegt die dünne V. jugularis interna.

Es ist schwierig, bei den kleinen Tieren die Ligatur einer A. vertebralis durchzuführen. Zu diesem Zweck wurde ein 3 cm langer Schnitt in der Medianlinie des Halses angelegt, die erste Rippe vom Sternum getrennt und versucht, sich am Aortenbogen oder am Truncus anonymus zu orientieren. Kommt man zu tief, so kann ein Pneumothorax auftreten. Vor dem schichtweisen Wundverschluß wurden 2 bis 3 Tropfen Supracillinlösung in die Wunde geträufelt, wonach die Operationswunden im allgemeinen gut heilten.

5.5 Verhalten der Tiere nach der Operation und weitere Aufzucht

Zwei bis drei Tage nach der Operation zeigten fast alle Tiere wieder ein normales Verhalten. Die Tiere 2, 3 und 6 wurden in zwei Sitzungen operiert. Bei Tier 10 wurden nur Kopfvenen auf beiden Schädelseiten ligiert, hierbei trat unmittelbar nach der Operation ein Ödem am Gesichtsschädel auf, das sich jedoch nach einer Woche wieder vollständig zurückgebildet hatte.
Eine bemerkenswerte Beobachtung wurde bei Tier 24 gemacht. Bei diesem Tier wurden beide Aa. carotides auf 12er Nadelstärke eingeengt. Zusätzlich wurde die V. jugularis interna rechts ligiert. Nach der Operation war das Tier zunächst desorientiert. Zwei Wochen nach der Operation traten starke Gleichgewichtsstörungen hinzu. Das Tier bewegte sich stakig auf seinen Läufen vorwärts und fiel dabei oft auf die Seite. In aufgerichteter Sitzstellung führte es mit dem Kopf eigentümliche Nickbewegungen nach hinten durch. 40 Tage nach der Operation wurde das Tier tot im Stall gefunden. Bei der Sektion zeigte sich eine ausgedehnte Hirnmalacie. Tier 23 und Tier 25 erkrankten 40 Tage nach der Operation an einer schweren Diarrhoe. Wahrscheinlich waren beide Tiere, die sich im selben Stall befanden, an einer infektiösen Enteritis erkrankt. Tier 25 wurde eine Woche später im Stall tot aufgefunden.

.6 Die röntgenangiographische Darstellung der Kopfgefäße

Als die Tiere aus allen 11 Würfen 4 bis 5 Monate alt geworden waren, wurde eine Arteriographie der Kopfgefäße durchgeführt. Dabei konnten die Erfahrungen von Peglow zur Darstellung der Kopfgefäße bei Kaninchen genutzt werden. Vor der Durchführung der Arteriographie wurden die Tiere mit Äther narkotisiert und auf die Seite gelegt. Parallel der Brustwirbelsäule wurde ein etwa 10 cm langer Schnitt gelegt, mehrere Rippen dicht von der Wirbelsäule abgetrennt und die Aorta thoracica freipräpariert. In die Aorta thoracica wurde eine Knopfkanüle eingebunden, um mit einem Kontrastmittel retrograd den Anfangsteil der Aorta und die Kopfgefäße zu füllen. Eine kontrastreiche Gefäßdarstellung wurde mit dünnflüssigem Bariumbrei erzielt. Natürlich starben die Tiere während der Injektion des Bariumbreies, aber dieser wurde durch die anfangs noch tätige Herzaktion und den Injektionsdruck über die nicht ligierten Halsgefäße auf die Kopfarterien verteilt. Unmittelbar danach wurden Röntgenaufnahmen vom Kopf des Kaninchens im seitlichen und cranio-caudalen Strahlengang vorgenommen. Später wurden von jedem Tier Röntgenaufnahmen beider Kopfhälften in seitlicher Ansicht hergestellt, nachdem der Kopf abgetrennt, in Formalin fixiert und mit einer Bandsäge in der medianen Sagittalebene in die Hälften zerlegt worden war. Mit dieser Methode war es möglich, die Überlagerung der Kopfgefäße beider Seiten im seitlichen Bild zu vermeiden.

.7 Die Herstellung des Schädelskelettes

Die abgetrennten und in Formalin fixierten Köpfe wurden zur Anfertigung eines Röntgenfilmes der seitlichen Kopfhälfte in der medianen Sagittalebene zersägt. Um das

Schädelskelett zu erhalten, wurden zunächst das Fell und die Ohrmuscheln von den Kopfhälften entfernt. Das so gewonnene Präparat mußte ungefähr 3 bis 4 Stunden in stark verdünnter Natronlauge gekocht werden. Hiernach wurde das Schädelskelett vorsichtig von Muskelresten, Bändern, Fascien und Knorpelresten gesäubert und anschließend getrocknet. Zur Bleichung des Schädelskeletts wurde Wasserstoffperoxyd verwendet. Beide Schädelskletthälften wurden zum Schluß sorgfältig zusammengeleimt.

5.8 Übersicht über die durchgeführten Ligaturen großer Hals- und Kopfgefäße beim wachsenden Kaninchen und Beurteilung der Arteriogramme und der Schädelskelette der ausgewachsenen Tiere

Abb. a,1

Schematische Darstellung des Gefäßnetzes der großen Hals- und Kopfgefäße beim Kaninchen (hier rechte Kopfseite). Das Schema wurde nach den Angiogrammen dieser Versuchsreihe gezeichnet. Die Nomenklatur der Arterien wurde von Musella übernommen, da die Angiogramme von Kaninchenschädeln dieses Autors mit den in dieser Versuchsreihe angefertigten Angiogrammen völlig übereinstimmen. Bei der Bezeichnung der Kopfvenen mußte auf die Nomenklatur von Krause (13) zurückgegriffen werden, da sich die angiographischen Untersuchungen über die Kopfgefäße beim Kaninchen von Musella im wesentlichen auf die Kopfarterien beschränken.

Bezeichnung der Gefäße:

1. A.carotis communis.
2. A.carotis interna.
3. A.facialis.
4. A.lingualis.
5. A.maxillaris.
6. A.temporalis superficialis.
7. A.occipitalis.
8. A.auricularis posterior.
9. A.facialis transversa.
10. A.ophthalmica externa.
11. A.vertebralis.
12. A.basilaris.
13. V.facialis anterior.
14. V.jugularis interna.
15. V.facialis posterior.
16. V.jugularis externa.

Zeichenerklärung:

✝ Tier nach der Operation gestorben.

W.: Wurf.

Ligatur oder Durchtrennung eines Gefäßes.

Einengung eines Gefäßes.

Tier 1, W 1.

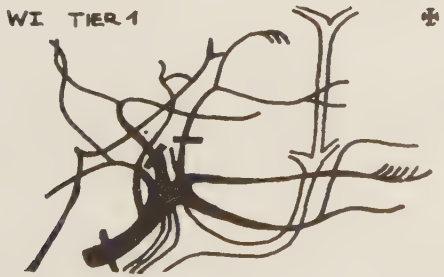

Abb. a,2

Gefäßligaturen an der rechten Kopfseite:
Ligatur der A.carotis communis, der A.maxillaris und der A.temporalis superficialis.
Das Tier starb 5 Wochen nach der Operation (Abszeß an der rechten Halsseite).

Tier 2, W 1.

Abb. a,3

Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis externa, A.maxillaris, A.temporalis superficialis, A.occipitalis.

Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.facialis, A.lingualis, A.occipitalis.

Bei Tier 2 wurden rechts die A.maxillaris und die A.temporalis superficialis ligiert, links hingegen wurden die A.facialis und die A.lingualis, also die vorderen Zweige der Carotisgabel unterbunden. Die potentiellen Anastomosen, die Aa.occipitales wurden auf beiden Seiten ausgeschaltet. Das Angiogramm ist zwar nicht optimal, zeigt aber besonders auf der rechten Kopfseite eine retrograde Füllung der ligierten Gefäße. Zusätzlich findet sich auf der rechten Seite eine starke neu ausgebildete Anastomose einer oberflächlichen Halsarterie, die Anschluß an die gleichseitige A.auricularis posterior findet. Die Anastomose ist vom gleichen Kaliber wie die A.vertebralis (vergl. Abb. 12). Die Anastomose läßt sich bei allen angefertigten Röntgenfilmen finden. Auch bei Tier 26 (nur Durchtrennung eines Musculus cleidomastoideus) ist diese potentielle Anastomose, wenn auch nicht so weit-

lumig, deutlich erkennbar. Die Arterie entspringt aus der A.subclavia und könnte mit der A.superficialis colli des Menschen verglichen werden. Die Arterie findet Anschluß an die A.auricularis posterior oder die A.occipitalis der gleichen Seite.
Der präparierte Schädel des Tieres ist vollkommen symmetrisch gestaltet.

Tier 3, W 2.

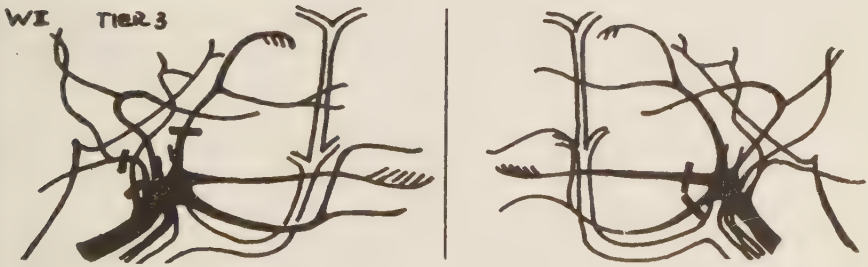

Abb. a, 4
Ligaturen der rechten Kopfseite:
A.maxillaris, A.carotis interna, A.occipitalis.

Ligaturen der linken Kopfseite:
A.facialis, A.lingualis.

Bei Tier 3 sollte eine stärkere Durchblutungsasymmetrie geschaffen werden. Auf der rechten Kopfseite wurden die A.carotis externa, auf der linken Kopfseite die vorderen Äste der Gabelung, die A.lingualis und die A.facialis ligiert. Der Röntgenfilm zeigt eine gute rückwärtige Füllung der abgebundenen Gefäße und eine starke Nackenanastomose. - Der präparierte Schädel dieses Tieres ist symmetrisch gestaltet.

Tier 4, W 2.

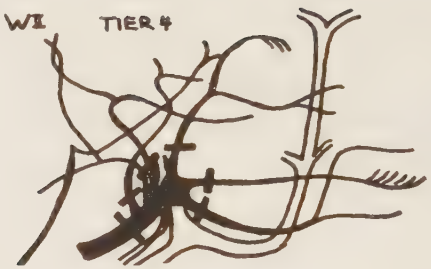

Abb. a, 5

Ligaturen der rechten Kopfseite:
A.carotis communis, A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.lingualis, A.facialis.

Eine Ligaturenkombination, wie Peglow sie zur Herstellung einer Durchblutungsasymmetrie vorschlug, Ligatur der gleichseitigen A.carotis externa und interna, wurden bei Tier 4 befolgt. Zusätzlich wurden auf der gleichen Kopfseite sämtliche Äste der A.carotis externa ligiert. Nach einer Ligatur der A.carotis externa und interna der gleichen Kopfseite fand Peglow am ausgewachsenen Kaninchenschädel eine Asymmetrie. Das Angiogramm zeigt bei Tier 4 eine gute retrograde Füllung der ligierten Gefäße bis zur Unterbindungsstelle (Bild umseitig).
Der präparierte Schädel dieses Tieres weist eine angedeutete Asymmetrie des Foramen magnum auf.

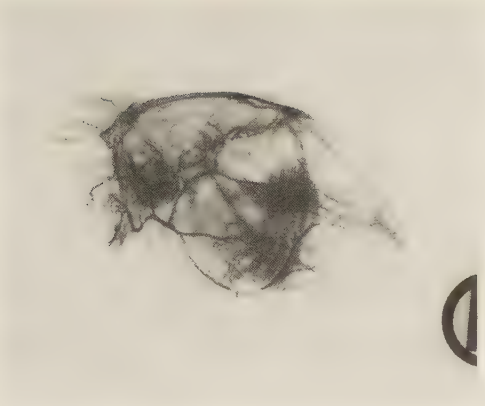

Abb. 4

Angiogramm des Tieres 4 (rechte Kopfseite).
Gute retrograde Füllung der ligierten Arterien bis zur Unterbindungsstelle der Ligaturen.

Tier 5, W 2.

Abb. a, 6

Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.maxillaris, A.lingualis, A.facialis.

Bei Tier 5 wurde ebenso wie bei Tier 4 verfahren, nur mit dem Unterschied, daß die A.carotis communis rechts offengelassen wurde. Ebenso wie bei Tier 4 wurden sämtliche Zweige der A.carotis externa ligiert.

Das Angiogramm des Tieres 5 zeigt ebenso wie bei Tier 4 eine retrograde Füllung der ligierten Gefäße bis zur Stelle ihrer Ligatur. Offenbar werden die ligierten Gefäße der rechten Kopfseite über die offengebliebenen Gefäße der linken Kopfseite her retrograd gefüllt.

Der Schädel des ausgewachsenen Tieres ist symmetrisch. gestaltet.

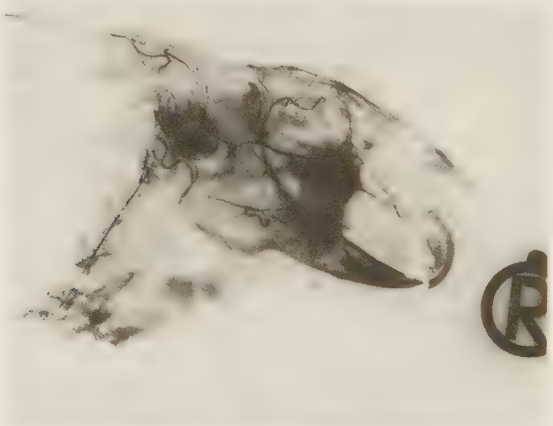

Abb. 5

Angiogramm der rechten Kopfseite des Tieres 5.
Ligiert wurden sämtliche Äste der A.carotis externa rechts und der A.carotis interna rechts.
Das Angiogramm zeigt eine retrograde Füllung der ligierten Gefäße bis zur Ligaturstelle, offenbar über die offengebliebenen Gefäße der linken Kopfseite.

Tier 6, W 2.

Abb. a, 7
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis communis, A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.lingualis, A.facialis und V.facialis anterior.
Einengung der V.jugularis externa rechts.

Ligaturen aller Äste der A.carotis communis auf der rechten Kopfseite mit zusätzlicher Stenosierung der gleichseitigen V.jugularis externa wurden bei Tier 6 durchgeführt. Die Annahme, daß Venenstenosen ein verändertes Wachstum am versorgenden Knochen bewirken können, liegt nahe. Das Angiogramm zeigt, daß auch hier die ligierten Gefäße offenbar von der Gegenseite her retrograd gefüllt werden.

Der präparierte Schädel des ausgewachsenen Tieres ist symmetrisch gestaltet.

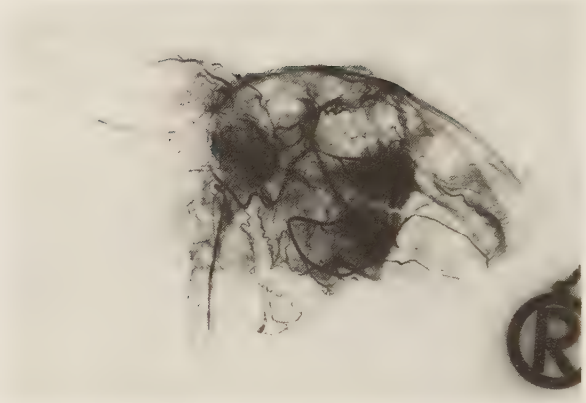

Abb. 6
Angiogramm der rechten Kopfhälfte des Tieres 6.

Ligatur der A.carotis communis mit ihren sämtlichen Ästen. Zusätzliche Stenosierung der rechten V.jugularis externa. Sehr gute retrograde Füllung der ligierten Gefäße von der Gegenseite her.

Tier 7, W 2.

Abb. a, 8

Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.carotis communis, A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.maxillaris.

Bei Tier 7 wurde auf der linken Kopfseite nur die A.lingualis und die A.facialis offen gelassen. Die A.carotis communis rechts wurde ligiert. Das Angiogramm zeigt eine gute Füllung der A.facialis und lingualis, die offenbar von der Gegenseite her gefüllt werden. Ebenso sind durch Anastomosen die ligierten Gefäße retrograd gefüllt, denn das Übersichtsbild im craniocaudalen Strahlengang weist eine gleichmäßige Füllung der Kopfarterien auf beiden Hälften des Schädels auf.

Bei Tier 8, W 3 wurde eine geringe Einengung der Aorta unmittelbar jenseits des Abganges der Truncus anonymus vorgenommen. Das Tier starb 4 Monate nach der Operation. Bei der Sektion zeigte sich eine Dilatation des linken Herzventrikels.

Tier 9, W 4.

Abb. a, 9
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis communis, V.jugularis externa.

Bei Tier 9 erfolgte die Ligatur lediglich an der A.carotis communis und der gleichseitigen V.jugularis externa. Der Schädel des Tieres 9 weist eine geringe Asymmetrie am Foramen magnum auf. Im übrigen bietet das Arteriogramm keine

Besonderheiten. Die ligierten Gefäße werden offenbar von der Gegenseite her retrograd gefüllt.

Tier 10, W 4.

Abb. a, 10

Ligaturen an der rechten Kopfseite:
V.facialis.
Ligaturen an der linken Kopfseite:
V.jugularis externa, V.facialis anterior,
V.facialis posterior.

Eine Ligatur allein der Kopfvenen erfolgte beim Tier 10. Auf der linken Kopfseite wurde die V.jugularis externa mit ihren beiden Aufzweigungen, rechts wurde nur die V.facialis anterior ligiert.
Das Arteriogramm zeigt keine Besonderheiten. Am ausgewachsenen, präparierten Schädel ist jedoch eine leichte Asymmetrie am Foramen magnum festzustellen.

Tier 11, W 5.

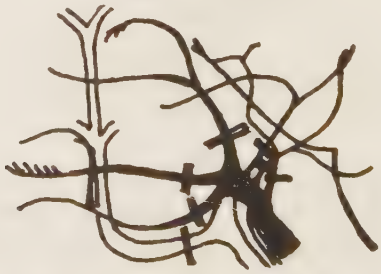

Abb. a, 11 Ligaturen auf der linken Kopfseite:
A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.maxillaris, A.lingualis, A.facialis und V.facialis anterior.

Bei Tier 11 war beabsichtigt, den Blutzu- und Abfluß einer Kopfhälfte wesentlich einzuschränken. Es wurden auf der linken Kopfhälfte sämtliche Äste der A.carotis communis und die V.facialis anterior ligiert.
Trotz dieses Eingriffes, der die Durchblutung am wachsenden Kaninchenschädel wesentlich beeinträchtigen sollte, zeigt das Arteriogramm wiederum eine gute retrograde Füllung der ligierten Arterien. Auch der ausgewachsene, präparierte Schädel weist keine Asymmetrien auf.

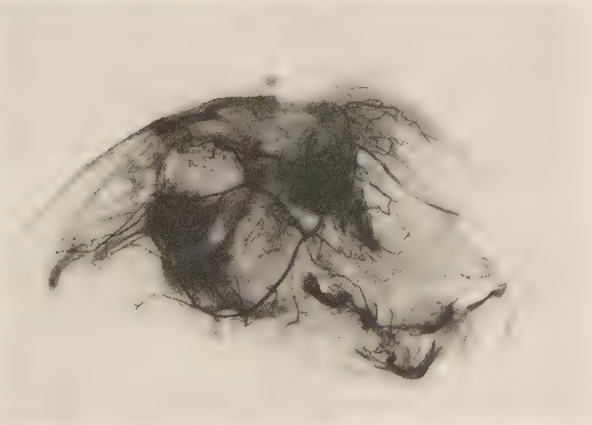

Abb. 7
Arteriogramm der linken Kopfhälfte des Tieres 11. Ligatur sämtlicher Äste der A.carotis communis der linken Seite und der gleichseitigen V.facialis anterior. Die ligierten Gefäße werden retrograd bis zur Ligaturstelle gefüllt.

Tier 12, W 6.

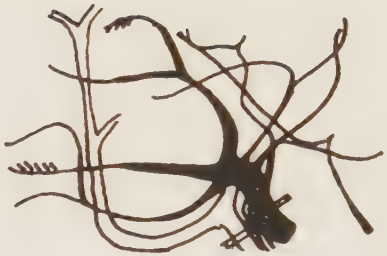

Abb. a, 12

Ligaturen mit Durchtrennung der Gefäße an der linken Kopfseite: A.carotis communis, V.jugularis externa.

Bei Tier 12 wurden wie bei Tier 9 nur die A.carotis communis und die V.jugularis externa ligiert, bei Tier 12 allerdings auf der linken Kopfseite. Der Schädel des Tieres 9 weist eine geringe Asymmetrie am Foramen magnum auf, der ausgewachsene Schädel des Tieres 12 hingegen ist normal gestaltet.

Tier 13, W 6.

Abb. a, 13

Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.carotis communis, A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.maxillaris, A.lingualis, A.facialis, V.jugularis externa, V.facialis posterior, V.facialis anterior mit erreichbaren Aufzweigungen.

Bei Tier 13 wurden auf der linken Kopfseite sämtliche Arterien nach Aufzweigung der A.carotis communis und alle Zweige der V.jugularis externa ligiert. Wahrscheinlich war der Eingriff zu groß; das Tier starb bereits 4 Tage nach der Operation, ohne daß jedoch die Todesursache festgestellt werden konnte.

Tier 14, W 6.

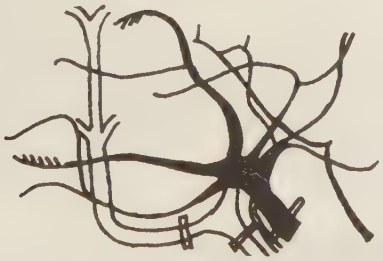

Abb. a, 14
Ligaturen mit Durchtrennung der Gefäße an der linken Kopfseite:
A.carotis communis,V.jugularis externa,V.facialis anterior.

Bei Tier 14 wurden neben der A.carotis communis, die V.jugularis externa und die V.facialis anterior ligiert. Das Angiogramm bietet keine Besonderheiten.
Der präparierte Schädel des ausgewachsenen Tieres weist eine leichte Asymmetrie am Foramen magnum auf.

Tier 15, W 6.

Abb. a, 15

Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.maxillaris, A.lingualis, A.facialis, A.temporalis superficialis, V.facialis, anterior mit erreichbaren Aufzweigungen.

Das Angiogramm dieses Tieres zeigt im Gegensatz zu den übrigen Gefäßdarstellungen keine ausreichende retrograde Füllung der ligierten Gefäße. Das Angiogramm im cranio-caudalen Strahlengang zeigt eine schlechte Füllung der Gefäße auf der linken Kopfhälfte.

Der präparierte Schädel des ausgewachsenen Tieres ist asymmetrisch. Eine eindeutige Asymmetrie besteht am Foramen magnum. Die Bulla tympani sind wohl in gleicher Größe ausgebildet, es liegt aber die linke Bulla tympani etwas weiter vorn als die der rechten Seite.
Das Nasenskelett ist in seiner Längsachse etwas verdreht und der basale Teil des Os occipitus leicht deformiert.

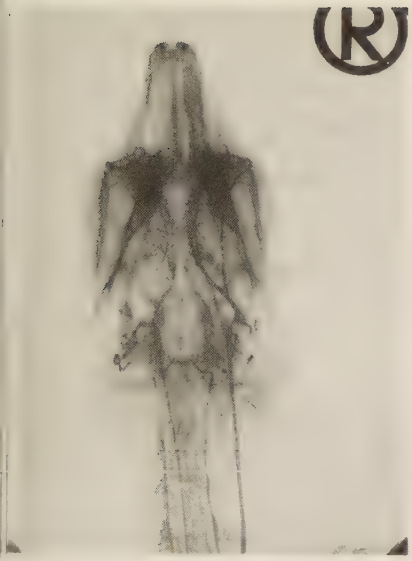

Abb. 8
Angiogramm des Kopfes von Tier 15.
Das Bild zeigt eine schlechte Füllung der Gefäße der linken Kopfhälfte.

b. 9
äparierter Schädel des eres 15.
zeigt eine Asymmetrie Foramen magnum, sowie ne asymmetrische Lage r Bulla tympani. Das Nasen- elett ist in der Längs- hse verdreht.

Tier 16, W 6.

Abb. a, 16

Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis communis, V.facialis mit erreichbaren Aufzweigungen.
Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.maxillaris, A.lingualis, A.facialis, V.facialis anterior.

Eine kombinierte Venen- und Arterienligatur auf beiden Kopfseiten wurde bei Tier 16 versucht. Auf der rechten Kopfseite wurde die A.carotis communis und die V.facialis anterior mit allen erreichbaren Aufzweigungen ligiert. Auf der linken Kopfseite erfolgte die Unterbindung der A.maxillaris, A.lingualis und A.facialis sowie der V. facialis anterior. Die Angiogramme zeigen wiederum eine retrograde Füllung der ligierten Gefäße bis zur Unterbindungsstelle. Das Angiogramm im cranio-caudalen Strahlengang zeigt eine starke Nackenanastomose auf der Seite der ligierten A.carotis communis. Es fällt auf, daß die A.basilaris stark geschlängelt ist und sich kompensatorisch erweitert hat.

Der präparierte Schädel des ausgewachsenen Tieres weist eine stärkere Asymmetrie auf. Wiederum ist das Foramen magnum asymmetrisch gestaltet. Die das Foramen magnum nach lateral begrenzenden Condyli occipitales sind ver-

schieden groß. Betrachtet man den Schädel von oben, so sind Asymmetrien am Hirn- und Gesichtsschädel festzustellen. Die Joch- und Supraorbitalbögen sind zwar gleich groß ausgebildet, stehen aber nicht auf gleicher Höhe. Das Nasenskelett ist nach links abgebogen, und die Protuberantia occipitis ist asymmetrisch.

Abb. 10
Angiogramm der rechten Kopfhälfte des Tieres 16.
Ligaturen auf dieser Seite:
A.carotis communis und V.jugularis externa.
Das Angiogramm zeigt eine gute retrograde Füllung des Gefäßnetzes bis zur Unterbindungsstelle.

Abb. 11

Angiogramm der linken Kopfhälfte des Tieres 16.
Ligaturen auf dieser Seite:
A.maxillaris, A.lingualis, A.facialis und V.facialis anterior.
Auch hier besteht eine gute retrograde Füllung der ligierten Gefäße.

Abb. 12
Angiogramm des Kopfes von Tier 16 im cranio-caudalen Strahlengang.
Auf der Seite der unterbundenen A.carotis communis (rechts) hat sich eine korkenzieherartig gewundene Nackenanastomose gebildet. Die A.basilaris ist stark geschlängelt und kompensatorisch verbreitert.

Abb. 13

Schädelbasis des Tieres 16.
Das Foramen magnum ist asymmetrisch gestaltet.
Die Condyli occipitales sind verschieden groß.
Die Bulla tympani sind ebenfalls leicht asymmetrisch.

Abb. 14

Schädel des Tieres 16 von oben.
Asymmetrien bestehen an Hirn- und Gesichtsschädel. Auffallend asymmetrisch gestaltet sind die Supraorbital- und Jochbögen.
Asymmetrisch ist auch die Protuberantia occipitalis.

Tier 17, W 6.

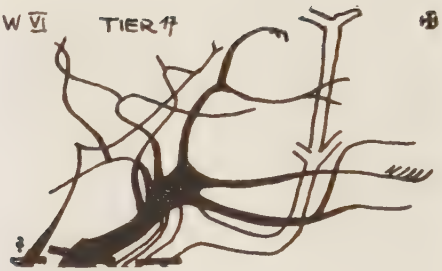

Abb. a, 17

Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis communis dicht oberhalb des Truncus anonymus. Wahrscheinlich auch Ligatur der A.subclavia und der A.vertebralis. Ligatur der V.jugularis communis dicht oberhalb der Thoraxapertur.

Das Tier 17 wurde am nächsten Tag nach der Operation tot im Stall aufgefunden. Die Todesursache konnte bei der Sektion nicht festgestellt werden.

Tier 18, W 7.

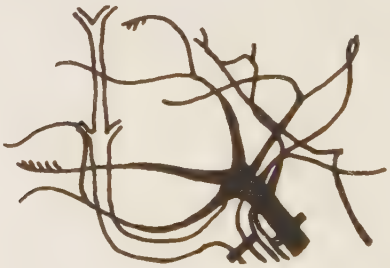

Abb. a, 18

Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.carotis communis, V.jugularis externa.

Bei Tier 18 wurden die gleichen Ligaturen der Kopfgefäße durchgeführt wie bei Tier 9 und 12. Das Angiogramm bietet keine Besonderheiten. Der präparierte Schädel des Tieres 18 weist eine leichte Asymmetrie auf. Das Mastoid links ist etwas größer.

Tier 19, W 7.

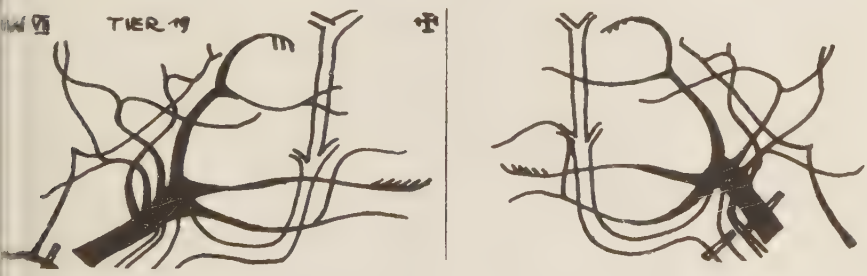

Abb. a, 19
Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.carotis communis, V.jugularis externa.
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.subclavia.

Das Tier starb 9 Tage nach der Operation ! Die Todesursache konnte auch durch die Sektion nicht geklärt werden.

Tier 20, W 7.

Abb. a, 20
Ligaturen an der rechten Kopf- und Halsseite:
A.carotis communis und wahrscheinlich auch der A.subclavia.
Ligatur der V.jugularis externa.

Eine ähnliche Variation der Unterbindung wie bei Tier 9, 12 und 18 wurde bei Tier 20 versucht mit dem Unterschied, daß die Ligaturen der A.carotis communis und der V.jugularis externa der gleichen Seite tief angelegt wurden.
Dabei wurde wahrscheinlich auch die rechte A.subclavia vor dem Abgang der A.vertebralis mit unterbunden.
Es wäre somit ein künstliches "subclavian-steal-carotid-recovery-phenomenon" angelegt worden (11). Die Blutversorgung der A.subclavia-A.axillaris und A.brachialis ist wahrscheinlich durch die gleichseitige A.vertebralis erfolgt. Leider ist der Ausschnitt des Arteriogrammes ein wenig zu klein geraten und erfaßt die entsprechende Gefäßregion nur unvollkommen, so daß die Annahme nicht mit Sicherheit bestätigt werden kann.

Die A.basilaris ist eigenartig korkenzieherartig gewunden und die linke A.vertebralis sowie die verbliebene A.carotis communis sind kompensatorisch stark erweitert. Es kann nur vermutet werden, daß durch diese Gefäße und rückwärtig durch die rechte A.vertebralis die rechte A.subclavia, A.axillaris und A.brachialis mitversorgt werden.

Der präparierte Schädel des Tieres 20 weist zudem eine starke Asymmetrie auf. Das Foramen magnum, die Condyli occipitales und der basale Teil des Os occipitis sind stark deformiert. Asymmetrisch sind die Procc. pterygoidei, die Bullae tympani und die Supraorbitalbögen sowie die Jochbögen. Der Gesichts- und Hirnschädel sind gegeneinander verbogen. Die schwersten Asymmetrien befinden sich jedoch an der Schädelbasis.

Abb. 15

Angiogramm des Kopfes von Tier 20 im cranio-caudalen Strahlengang.

Tiefe Ligatur der A.carotis communis rechts und der V.jugularis auf der gleichen Seite. Wahrscheinlich gelang auch eine Ligatur der rechten A.subclavia vor dem Abgang der A.vertebralis. Der Bildausschnitt des Angiogrammes ist leider ein wenig zu klein geraten, um diese Annahme bestätigt zu finden.

Die A.basilaris ist korkenzieherartig gewunden. Die linke A.vertebralis sowie die verbliebene A.carotis communis sind kompensatorisch erweitert.

Abb. 16

Schädelbasis des Tieres 20.
Das Foramen magnum, die Condyli occipitales und der basale Teil des Os occipitis sind stark deformiert. Die Procc. pterygoidei und die Bulla tympani sind asymmetrisch gestaltet.

Abb. 17

Schädel des Tieres 20 von oben.
Der Gesichtsschädel und der Hirnschädel sind gegeneinander verbogen. Die Joch- und Supraorbitalbögen sind stark asymmetrisch verzogen.

Tier 21, W 8.

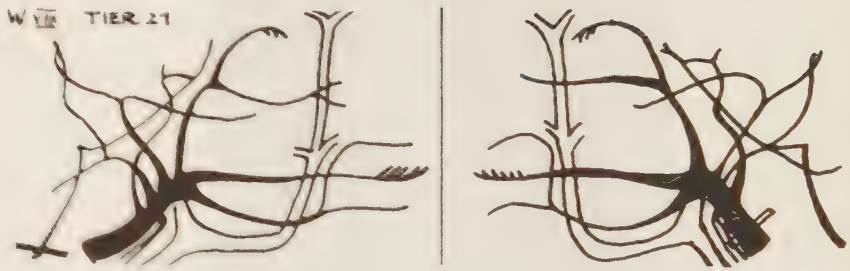

Abb. a. 21

Ligaturen an der linken Halsseite:
A.carotis communis.
Ligatur an der rechten Halsseite:
A.vertebralis.

Beim Tier 21 gelang eine Ligatur der rechten A. vertebralis. Zudem wurde auf der Gegenseite die A.carotis communis ligiert. Das Angiogramm im cranio-caudalen Strahlengang zeigt die kompensatorisch erweiterte A.vertebralis links und A.carotis communis rechts. Zusätzlich findet sich eine erweiterte Nackenanastomose auf der linken Halsseite.

Der präparierte Schadel des Tieres 21 ist vollkommen symmetrisch gestaltet.

Abb. 18

Angiogramm des Kopfes von Tier 21 im cranio-caudalen Strahlengang.
Es gelang eine tiefe Ligatur der A.vertebralis rechts. Links wurde eine tiefe Ligatur der A.carotis communis angelegt.
Die A.vertebralis links ist kompensatorisch erweitert. Zusätzlich findet sich eine erweiterte Nackenanastomose auf der linken Halsseite.

Tier 22, W 8.

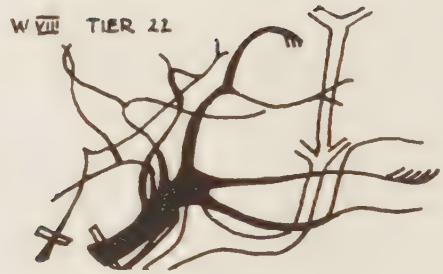

Abb. a, 22
Ligaturen an der rechten Halsseite:
A.carotis communis und A.vertebralis.

Beim Tier 22 gelang eine Ligatur an der rechten Halsseite sowohl der A.carotis communis als auch der A.vertebralis.
Das Angiogramm zeigt folgendes: Die linke A.carotis communis und die A.vertebralis sind kompensatorisch erweitert. Über die A.thyreoidea superior, die in unmittelbarer Höhe der A.carotis communis aus ihr entspringt, wird zur ligierten gegenseitigen A.carotis communis eine Anastomose gebildet. Die ligierten Gefäße werden offenbar von der Gegenseite her bis zur Stelle ihrer Ligatur retrograd gefüllt (s.Angiogramm).

Der präparierte Schädel des ausgewachsenen Tieres ist symmetrisch gestaltet.

Abb. 19
Angiogramm des Tieres 22 im cranio-caudalen Strahlengang.

Es gelang eine tiefe Ligatur der A.vertebralis rechts und der A.carotis communis rechts. Die offen gebliebenen A.carotis communis links und A.vertebralis links sind kompensatorisch erweitert. Auf der rechten Halsseite hat sich eine korkenzieherartig gewundene Nacken-anastomose gebildet. Es besteht weiterhin eine Anastomosenbildung von der nicht ligierten A.carotis communis zur ligierten A.carotis communis über die A.thyreoidea superior. Die ligierten Gefäße werden retrograd offenbar von der Gegenseite her gefüllt.

Tier 23, W 9.

Abb. a, 23

Rechte Halsseite:
Einengung der A.carotis communis in mittlerer Höhe über einer 12er Nadel, ebenso Einengung der V.jugularis externa über einer 12er Nadel.

Eine Gefäßstenose der A.carotis communis und der gleichseitigen V.jugularis wurden bei Tier 23 angelegt. Es konnte erwartet werden, daß die Anastomosen nunmehr nicht voll zur Funktion gelangen würden. Das Angiogramm zeigt aber, daß trotz der angelegten Gefäßstenosen die Kopfgefäße beider Schädelhälften gleichmäßig gefüllt werden.

Der präparierte Schädel des ausgewachsenen Tieres ist ebenfalls vollkommen symmetrisch gestaltet.

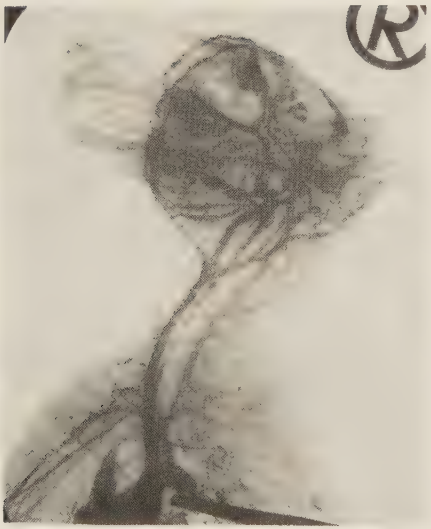

Abb. 20
Seitliches Angiogramm des Kopfes von Tier 23.

Es wurden Gefäßstenosen an der rechten A.carotis communis und der gleichseitigen V.jugularis externa in mittlerer Höhe angelegt. Trotz dieser Stenosen sind die Kopfgefäße auf beiden Schädelhälften regelmäßig gefüllt.

Tier 24, W. 9.

Abb. a, 24

Rechte Halsseite:
Einengung der A.carotis communis auf 12er Nadelstärke.
Ligatur der V.facialis posterior.
Linke Halsseite:
Einengung der A.carotis communis auf 12er Nadelstärke.

Eine Stenose an beiden Aa.carotides communes wurde beim Tier 24 angelegt. Zusätzlich wurde die V.facialis posterior ligiert. Drei Wochen nach der Operation wurden bei diesem Tier starke Gleichgewichtsstörungen bemerkt. Das Tier führte eigentümliche Nickbewegungen mit dem Kopf nach hinten aus. 40 Tage nach der Operation starb das Tier. Bei der Sektion wurde eine ausgedehnte Hirnmalacie gefunden.

Tier 25, W 9.

Abb. a, 25

Rechte Halsseite:
Einengung der A-carotis communis in mittlerer Höhe über 12er Nadelstärke.

Das Tier starb 9 Wochen nach der Operation an einer infektiösen Darmerkrankung.

Tier 26, W 10.

Unter der Annahme, daß die Muskelfunktion ebenfalls einen Einfluß auf die Gestaltung des wachsenden Schädels hat, wurde bei diesem Tier der Musculus cleidomastoideus links durchtrennt.
Der präparierte Schädel des ausgewachsenen Tieres ist symmetrisch gestaltet.

Tier 27, W 11.

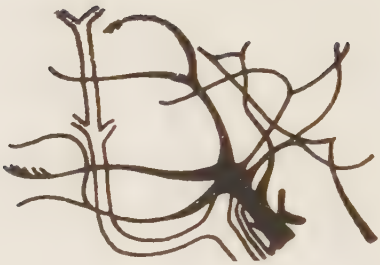

Abb. a, 26

Linke Halsseite: Anlegen einer Stenose an der A.carotis communis in mittlerer Höhe.

Aus dem Angiogramm geht hervor, daß trotz der angelegten Stenose einer A.carotis communis die Kopfgefäße beider Schädelhälften gleichmäßig gefüllt werden.

Der präparierte Schädel des ausgewachsenen Tieres ist symmetrisch gestaltet.

Zusammenfassende Übersicht über die durchgeführten Ligaturen großer Hals- und Kopfgefäße beim Kaninchen mit den Ergebnissen der Versuchsreihe

Tier 1, W 1
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis communis, A.maxillaris, A.temporalis superficialis.
Das Tier starb 5 Wochen nach der Operation (Abszeß an der rechten Halsseite).

Tier 2, W 1
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis externa, A.maxillaris, A.temporalis superficialis, A. occipitalis.
Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.facialis, A.lingualis, A.occipitalis.
Angiogramm: Retrograde Füllung der ligierten Gefäße.
Auf der rechten Halsseite findet sich eine starke, neu ausgebildete Anastomose einer oberflächlichen Halsarterie, die Anschluß an die gleichseitige A.auricularis posterior findet.
Präparierter Schädel: symmetrisch.

Tier 3, W 2
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.maxillaris, A.carotis interna, A.occipitalis.
Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.facialis, A.lingualis.
Angiogramm: Rückwärtige Füllung der ligierten Gefäße, sowie Ausbildung einer starken Nackenanastomose.
Präparierter Schädel: symmetrisch.

Tier 4, W 2
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis communis, A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.lingualis, A.facialis.
Angiogramm: Gute retrograde Füllung der ligierten Gefäße bis zur Unterbindungsstelle.
Präparierter Schädel: Angedeutete Asymmetrie am Foramen magnum.

Tier 5, W 2
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.maxillaris, A.lingualis, A.facialis.
Angiogramm: Retrograde Füllung der ligierten Gefäße bis zur Stelle ihrer Ligatur.
Präparierter Schädel: symmetrisch.

Tier 6, W 2
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis communis, A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.lingualis, A.facialis, V.facialis anterior.
Einengung der V.jugularis externa rechts.
Angiogramm: Retrograde Füllung der ligierten Arterien offenbar von der Gegenseite her.
Präparierter Schädel: symmetrisch.

Tier 7, W 2
Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.carotis communis, A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.maxillaris.
Angiogramm: Retrograde Füllung der ligierten Gefäße. Gleichmäßige Füllung der Kopfarterien auf beiden Hälften des Schädels erkennbar am Angiogramm im cranio-caudalen Strahlengang.
Präparierter Schädel: symmetrisch.

Tier 8, W 3
Einengung der Aorta jenseits des Abganges des Truncus anonymus. Das Tier starb vier Monate nach der Operation. Sektionsbefund: Dilatation des linken Ventrikels des Herzens.

Tier 9, W 4 Vergleiche Tier 12 und Tier 18
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis communis, V.jugularis externa.
Angiogramm: Retrograde Füllung der ligierten A.carotis communis.
Präparierter Schädel: Geringe Asymmetrie am Foramen magnum.

Tier 10, W 4
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
V.facialis.
Ligaturen an der linken Kopfseite:
V.jugularis externa, V.facialis anterior, V.facialis posterior.
Angiogramm: Keine Besonderheiten.
Präparierter Schädel: Leichte Asymmetrie am Foramen magnum.

Tier 11, W 5
Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.maxillaris, A.lingualis, A.facialis, V.facialis anterior.
Angiogramm: Gute retrograde Füllung der ligierten Arterien offenbar von der Gegenseite her.
Präparierter Schädel: symmetrisch.

Tier 12, W 6 Vergleiche Tier 9 und Tier 18
Ligaturen mit Durchtrennung der Gefäße an der linken Kopfseite:
A.carotis communis, V.jugularis externa.
Angiogramm: Retrograde Füllung der ligierten A.carotis communis.
Präparierter Schädel: symmetrisch.

Tier 13, W 6
Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.carotis communis, A.carotis interna, A.occipitalis, A.temporalis superficialis, A.maxillaris, A.lingualis, A.facialis, V.jugularis externa, V.facialis posterior, V.facialis anterior mit erreichbaren Aufzweigungen.
Wahrscheinlich war der Eingriff zu groß. Das Tier starb bereits 4 Tage nach der Operation, ohne daß jedoch die Todesursache festgestellt werden konnte.

Tier 14, W 6
Ligaturen mit Durchtrennung der Gefäße an der linken Kopfseite:
A.carotis communis, V.jugularis externa, V.facialis anterior.
Angiogramm: Keine Besonderheiten.
Präparierter Schädel: Leichte Asymmetrie am Foramen magnum.

Tier 15, W 6
Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.maxillaris, A.lingualis, A.facialis, A.temporalis superficialis, V.facialis anterior mit erreichbaren Aufzweigungen.
Angiogramm: Hier besteht keine ausreichende Füllung der ligierten Gefäße. Das Angiogramm im cranio-caudalen Strahlengang zeigt eine schlechte Füllung der Gefäße auf der linken Kopfhälfte.
Präparierter Schädel: Er zeigt eine Asymmetrie am Foramen magnum, sowie eine asymmetrische Lage der Bulla tympani. Das Nasenskelett ist in der Längsachse verdreht.
Siehe Abbildung.

Tier 16, W 6
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis communis, V.facialis mit erreichbaren Aufzweigungen.
Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.maxillaris, A.lingualis, A.facialis, V.facialis anterior.
Angiogramm: Retrograde Füllung der ligierten Gefäße bis zur Stelle ihrer Unterbindung.
Ausbildung einer starken Nackenanastomose auf der Seite der ligierten A.carotis communis.
Die A.basilaris verläuft gewunden; sie ist kompensatorisch erweitert.
Präparierter Schädel: Asymmetrie am Foramen magnum, verschieden große Condyli occipitales, asymmetrische Bulla tympani, gegeneinander versetzte Supraorbital- und Jochbögen, Asymmetrien an Hirn- und Gesichtsschädel sowie an der Protuberantia occipitalis.

Tier 17, W 6
Ligaturen an der rechten Kopfseite:
A.carotis communis dicht oberhalb des Truncus anonymus.
Wahrscheinlich auch Ligatur der A.subclavia und der A.subclavia und der A.vertebralis. Ligatur der V.jugularis communis dicht oberhalb der Thoraxapertur.
Das Tier starb einen Tag nach der Operation.
Die Todesursache konnte nicht geklärt werden.

Tier 18, W 7 Vergleiche Tier 9 und Tier 12
Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.carotis communis, V.jugularis externa.
Angiogramm: Keine Besonderheiten.
Präparierter Schädel: Das Mastoid links ist etwas größer.

Tier 19, W 7
Ligaturen an der rechten Seite:
A.subclavia.

Ligaturen an der linken Kopfseite:
A.carotis communis, V.jugularis externa.
Das Tier starb 9 Tage nach der Operation.
Todesursache unklar.

Tier 20, W 7
Ligaturen an der rechten Kopf- und Halsseite:
A.carotis communis und wahrscheinlich auch der A.subclavia.
Ligatur der V.jugularis externa.
Angiogramm: Korkenzieherartig gewundene A.basilaris.
Die linke A.vertebralis sowie die verbliebene A.carotis communis sind kompensatorisch erweitert.
Siehe Abbildung.
Präparierter Schädel: Deformationen am Foramen magnum, den Condyli occipitales und am basalen Teil des Os occipitis.
Die Procc.pterygoidei und die Bulla tympani sind asymmetrisch gestaltet.
Die Joch- und Supraorbitalbögen sind stark verzogen.
Siehe Abbildung.

Tier 21, W 8
Ligatur an der rechten Halsseite:
A.vertebralis.
Ligaturen an der linken Halsseite:
A.carotis communis.
Angiogramm: Kompensatorisch erweiterte A.vertebralis links und A.carotis communis rechts. Erweiterte Nackenanastomose auf der linken Halsseite.
Präparierter Schädel: symmetrisch.

Tier 22, W 8
Ligaturen an der rechten Halsseite:
A.carotis communis und A.vertebralis.
Angiogramm: Kompensatorische Erweiterung der linken A.carotis communis und der linken A.vertebralis. Anastomosenbildung über die A.Thyreoidea superior zur ligierten gegenseitigen A.carotis communis.Präparierter Schädel:symmetrisch.

Tier 23, W 9
Rechte Halsseite:
Einengung der A.carotis communis in mittlerer Höhe über einer 12er Nadel, ebenso Einengung der V.jugularis externa über einer 12er Nadel.
Angiogramm: Die Kopfgefäße beider Schädelhälften werden gleichmäßig gefüllt.
Präparierter Schädel: symmetrisch.

Tier 24, W 9
Rechte Halsseite:
Einengung der A.carotis communis auf 12er Nadelstärke.
Ligatur der V.facialis posterior.
Linke Halsseite:
Einengung der A.carotis communis auf 12er Nadelstärke.
Das Tier starb 40 Tage nach der Operation.
Sektionsbefund: Ausgedehnte Hirnmalacie.

Tier 25, W 9
Rechte Halsseite:
Einengung der A.carotis communis in mittlerer Höhe auf 12er Nadelstärke.
Das Tier starb 9 Wochen nach der Operation an einer infektiösen Darmerkrankung.

Tier 26, W 10
Durchtrennung des Musculus cleidomastoideus links.
Präparierter Schädel: symmetrisch.

Tier 27, W 11
Linke Halsseite:
Anlegen einer Stenose an der A.carotis communis in mittlerer Höhe.
Angiogramm: Die Gefäße beider Schädelhälften werden gleichmäßig gefüllt.
Präparierter Schädel: symmetrisch.

6. Besprechung der Ergebnisse

Peglow versuchte durch eine Ligatur einer oder beider Aa.carotides communes am wachsenden Kaninchenschädel eine Durchblutungsasymmetrie zu erzeugen, um damit zu prüfen, ob diese einen Einfluß auf das regelmäßige Wachstum des Schädelknochens haben könnte. Er sah einen asymmetrisch gewachsenen Schädel bei einem Tier, an dem er auf einer Halsseite sowohl die A.carotis externa als auch die A.carotis interna ligiert hatte. Die Herstellung einer Durchblutungsasymmetrie innerhalb eines wachsenden Kaninchenschädels wurde in dieser Versuchsreihe erneut versucht, allerdings mit anderer Anordnung der Eingriffe. Durch kompliziertere Variationen der Gefäßligaturen am Kopf des Kaninchens sollte die Durchblutungsasymmetrie wirksamer gestaltet werden. In der neueren Literatur finden sich wegweisende Angaben über die Anatomie der Gefäße, sowie wichtiger reeller und potentieller Anastomosen am Kaninchenschädel. Deren Kenntnis zugrunde gelegt, wurde erneut der Versuch unternommen, ob die Unterbindungen solcher Anastomosen 1. die Durchblutungsasymmetrie innerhalb des Kaninchenschädels herzustellen ist, und ob 2. durch die herbeigeführte Durchblutungsasymmetrie eine Wachstumsasymmetrie des Schädels herbeizuführen ist.

Die Arteriographien fast aller erwachsenen Tiere zeigen im allgemeinen eine gute retrograde Füllung der ligierten Gefäße bis zur Stelle ihrer Ligatur, auch bei den schwerwiegenden Eingriffen an den Carotisgabeln beider Halsseiten. Das unterstützt die von mehreren Voruntersuchern beschriebene Bedeutung der reellen und potentiellen Anastomosen am Kaninchenschädel. In vielen Röntgenaufnahmen erkennt man zum Beispiel oberflächliche Nackenanastomosen, die sich nach der Ligatur einer der beiden Aa.carotides communes kompensatorisch erweitert haben. Die Gefäße entspringen aus der A.subclavia, ziehen korken-

zieherartig gewunden nach cranial und finden Anschluß an die A.occipitalis der gleichen Seite. Die Nackenanastomosen haben teilweise das gleiche Kaliber wie die Aa.vertebrales des gleichen Tieres. Wird eine A.carotis communis tief ligiert, dann bilden sich Anastomosen über die A.thyreoidea superior der gegenseitigen A.carotis communis zum oberen abgebundenen Teil der A.carotis communis aus.

Die Kommunikation zwischen den Venen sind nach Ligatur einer großen Kopfvene mit der hier angewandten Technik schlecht darstellbar, jedoch sind die Verbindungen wesentlich zahlreicher oder die Ausbildung von Kollateralbahnen wesentlich leichter als am arteriellen System .

Das Anlegen von Gefäßstenosen hat eine geringere Wirkung auf die Durchblutung des Kopfes als anfänglich angenommen werden konnte. Auch bei der Ligatur einer A.vertebralis und einer A.carotis communis am gleichen Tier stellt sich das Kopfgefäßsystem auf dem Film vollständig dar. Die offen gebliebenen großen Gefäße und die Nacken- oder Halsweichteilanastomosen sichern eine genügende Blutzufuhr zum Schädel.
Nach allen diesen Befunden gewinnt man den Eindruck, als ob das gesamte arterielle, noch mehr das venöse Gefäßsystem am Schädel der sehr jungen Kaninchen eher einem "Gefäßschwamm" gleiche, der dem Blut die verschiedensten Flußrichtungen gestattet, die entsprechend den auftretenden Druckgefällen benutzt werden. Hierbei strömt das Blut vom Orte des höheren zu dem des geringeren Druckes.
Nachdem diese Tatsache mit Hilfe der Angiographie erkannt war, schien es sofort sehr fraglich, ob überhaupt bei den von mir durchgeführten Gefäßunterbindungen eine Durchblutungsasymmetrie auftreten konnte, und ob die Ligaturen einen Einfluß auf das Wachstum des Schädelskeletts haben konnte.

Leichte Asymmetrien finden sich bei einigen Tieren, bei denen gleichzeitig Venenligaturen durchgeführt wurden. Die Schädelbasis bei Tier 9 zum Beispiel ist angedeutet asymmetrisch. Es wurde bei diesem Tier die rechte A.carotis communis und die gleichseitige V.jugularis externa ligiert. Bei Tier 12 jedoch ist die Schädelbasis normal gestaltet, obwohl bei diesem Tier der gleiche Eingriff nur auf der anderen Halsseite vorgenommen wurde. Die angedeutete Asymmetrie bei Tier 9 kann also nicht auf die Ligatur der V.jugularis externa zurückgeführt werden.

Von den 20 präparierten Schädeln sind nur 3 Schädel ausgeprägt asymmetrisch. Es sind dies die Schädel der Tiere 15, 16 und 20. Die stärkste Asymmetrie weist der Schädel des Tieres 20 auf. Die durchgeführten Ligaturen auf der rechten Halsseite waren: Ligatur der A.carotis communis und wahrscheinlich auch der A.subclavia. Des weiteren wurde eine Ligatur der V.jugularis externa vorgenommen. Wie bereits beschrieben, ist bei diesem Tier wahrscheinlich ein künstliches "Subclavian-steal-carotid-recovery-phenomenom"angelegt worden [11]. Ob dieses selbst oder die abnorme Kopfhaltung des Tieres letztlich zur Wachstumsasymmetrie des Kopfes geführt hat, ist mit diesen Versuchen noch nicht sicher zu beantworten.
Eine eindeutige Asymmetrie findet sich auch an den ausgewachsenen Schädeln der Tiere 15 und 16. Bei beiden Tieren wurden neben Ligaturen an den Carotisgabeln eine Unterbindung einer V.facialis anterior mit allen erreichbaren Aufzweigungen durchgeführt. Ob jedoch die Asymmetrie der beiden Schädel auf diese Gemeinsamkeit der Ligaturen zurückgeführt werden kann, bedarf einer weiteren Untersuchung.

Es ist festzustellen, daß trotz zahlreicher Ligaturen an der Gabelung der A.carotis communis sowie an den Aa.vertebrales und den großen Kopfvenen am wachsenden Kaninchenschädel fast stets noch eine ausreichende und symmetrische Durchblutung des Schädels gewährleistet ist.

In den meisten Fällen werden mit dem Kontrastmittel, bzw. am lebenden Tier vom Blut, die ligierten Gefäße über Anastomosen der gleichen Seite oder von der Gegenseite her bis zu ihrer Ligaturstelle gefüllt. Von 20 präparierten Schädeln sind nur 3 bemerkenswert asymmetrisch. Ob die Asymmetrie dieser Schädel tatsächlich allein durch die angelegten Ligaturen oder als Folge aufgetretener muskulärer Insuffizienzen zustande gekommen ist, ist noch nicht sicher zu entscheiden.

7. Zusammenfassung

An 3-4 Wochen alten Kaninchen wurden in unterschiedlichster Kombination Arterien und Venen des Halses und Kopfes ligiert, durchtrennt oder nur stark eingeengt. Nachdem die operierten Tiere ausgewachsen waren, wurden zunächst die Hals- und Kopfgefäße von der Aorta her röntgenangiographisch dargestellt, sodann zur Beurteilung etwaiger Wachstumsveränderungen das Schädelskelett freipräpariert. Von 58 operierten Jung-Tieren konnten 25 über die erforderliche Zeit beobachtet werden; die anderen starben in der Narkose, an auch bei Sektion nicht zu ermittelnden Störungen, an Stallinfektionen und nur zum kleinsten Teil an Störungen, die auf die Eingriffe in die Durchblutung bezogen werden konnten.

Die 25 überlebenden Tiere beweisen, daß selbst ausgedehnte Eingriffe in die Kopfdurchblutung, nur auf einer oder gleichzeitig auf beiden Seiten durchgeführt, vom sehr jungen Tier toleriert werden. Die noch geringe Entwicklung der Tiere dürfte eine wesentliche Voraussetzung für das Überleben der großen Eingriffe sein.

Die Schädel der ausgewachsenen Tiere ließen trotz ein- oder beidseitiger Ligatur der verschiedenen Arterien, die zum Teil in Kombination mit Ligaturen von Venen ausgeführt wurden, in der überwiegenden Mehrzahl eine normale, seitensymmetrische Entwicklung des Schädelskelettes erkennen. Diese im Hinblick auf die Ausdehnung der Eingriffe zunächst erstaunliche Tatsache läßt sich anhand der Arteriogramme erklären. Diese zeigen, daß auch die durch die Ligaturen ausgeschalteten Gefäßgebiete gefüllt werden, und zwar auf beiden Kopfseiten in gleicher Weise. Wie das Röntgenkontrastmittel muß also auch das Blut, dem durch die Arterienligaturen geschaffenen Unterdruck folgend, über vorhandene präformierte, zum Teil auch neugebildete Anastomosen und Kollateralgefäße von der gleichen Körperseite wie von der Gegenseite her in die zunächst ausgeschalteten

Gefäßbezirke geströmt sein. Auch mit den ausgedehnten Unterbindungen von Gefäßen konnte somit eine Durchblutungsasymmetrie am wachsenden Kaninchenschädel nicht erzielt werden. Infolge der Beibehaltung einer seitensymmetrischen Durchblutung und Ernährung der Gewebe konnte auch die Schädelentwicklung symmetrisch verlaufen.
Nur 3 von 20 Schädeln wiesen deutliche Wachstumsasymmetrien auf. Hier waren Ligaturen von einzelnen Arterien mit solchen von Venen kombiniert worden. Obwohl trotz ähnlicher Kombination andere Schädel ein normales Wachstum aufwiesen, darf vielleicht doch erwartet werden, daß die Kombination von Ligaturen an Arterien und Venen eher eine Durchblutungsasymmetrie und entsprechende Wachstumsasymmetrie herbeiführt, als an den Arterien oder an den Venen allein ansetzende Eingriffe. In diese Richtung weist auch die einzige aufgetretene Hirnmalazie, die nach Unterbindung der A.carotis communis beider Seiten in Kombination mit der Ligatur der V.jugularis interna einer Seite beobachtet wurde, doch sind zur Abklärung dieser Frage weitere Untersuchungen erforderlich.

8. Literaturverzeichnis

1. Benninghoff, A. — Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Urban & Schwarzenberg, München u. Berlin 1961.

2. Breitner, B. — Chirurg.Operationslehre 13 d 2. Urban & Schwarzenberg, München u. Berlin 1955.

3. Brobeil, A. — Hirndurchblutungsstörungen, ihre Klinik und arteriographische Diagnose. Georg Thieme, Stuttgart, 1950.

4. Colt, J.D. et al. — An attempt to stimulate bone growth by creating a venous-stenosis. Angiology, New York,14:584, 7.Dec. 1963.

5. Craigie, E.H. — A Laboratory Guide to the Anatomy of the Rabbit. Univ. of Toronto Press 1951.

6. Feer, E. — Lehrbuch der Kinderheilkunde. Gust.-Fischer-Verlag.Stuttg.1966.

7. Gerlach, G. — Mißbildungen des Schädels und des Gehirns. Handbuch der Neurochirurgie, Bd.4, Teil 1, Springer-Verlag, Berlin Göttingen, Heidelberg 1960.

8. Güttner, H.G. — Formbeeinflussung der Nebenhöhlen des Schädels durch vorzeitige Nahtsklerose. Betr.path. Anat.107,271-299, 1942.

9. Haberland, H.F.C. Die operative Technik des Tierexperimentes. Springer-Verlag, Berlin 1926.

10. Keck, S.W. et al. The effect of venous stasis on intra-osseous pressure and longitudinal bone growth in the dog. J. Bone.Joint.Surg.Boston,47:539-44, Apr. 1965.

11. Killen, D.A. et al Subclavian-steal-carotid-recovery-phenomenon. J.Thorac.Cardiv.Surg.50:421-6. Sept.65 St. Louis.

12. Kindler, W. und R. Kiefer Röntgenologische Studien über Stirnhöhlen und Warzenfortsätze beim Neandertaler im mitteleuropäischen Raum. Z. Laryng.Rhinol. 42, 752-767, 1963.

13. Krause, W. Die Anatomie des Kaninchens. Leipzig, Engelmann 1868.

14. Kriegel, H. Mißbildung durch ionisierende Strahlen. Hippocrates 34:89-92. 1963.

15. Martin, P. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Schickhardt u.Ebener, Stuttgart 1923. Band 4.

16. Mayer, P. Zur Physiologie der Schädelpneumatisation. Arch.Ohr.Nas.u.Kehlkopfheilk. 163, 471. 1953.

17. Meyer, J.S. et al. Effects of carotid compression on cerebral metabolism and electroencephalogram. Electroenceph.Clin.Neurophysiol. 19:362-76,Oct.1965, Amsterdam.

18. Musella, R. Effects of bilateral external carotid artery ligation on cerebral circulation in the rabbit 1-3.
1.Arteriographic Aspects.
2.Hemodynamic Aspects.
3.Influence on collateral circulation in the brain.
Arch.Sci.Biol.(Bologna) 49:1-53. Jan.-Mar. 1965.

19. Nötzel, H. Über den Einfluß des Gehirns auf die Form der benachbarten Nebenhöhlen des Schädels.
Deutsche Zeitschrift f.Nervenheilkunde,160:126-136,1949;162:356,1950.

20. Oltersdorf, U. Die Wachstumskräfte und formalen Vorgänge der normalen und pathologischen Pneumatisation des Gesichtsschädels.
Monographie,HNO Klinik,Tübingen,1963.

21. Ostertag, B. und K.H. Schiffer Der gerichtete Schädelbinnendruck und seine röntgenologische Erfassung.
Dtsch.med.Wschr.74:1116-1117, 1949.

22. Peglow, W. Der Einfluß der Carotisligatur auf das Schädelwachstum (Untersuchungen am wachsenden Kaninchen). Dissertation Marburg/Lahn 1963.

5. Rhodes, A.J.et al. Postnatal growth of arteriols in the human cerebral cortex. Growth(Philadelphia)29:173-82, Jun 1965.

. Rush. A.P. A model system for the study of growth. Wisconsin.Med.J.63:513-5.Nov.1964.

. Schneider, D. Untersuchungen über die Regulierung der Gehirndurchblutung. Naunyn-Schmiedebergs Arch.exp.Path. Pharmal.175:606-664, 1934.

6. Schneider, M. Die Physiologie der Hirndurchblutung. Dtsch.2.Nervenheilk.162:113-139,195o.

7. Schuchard, E. Über Wachstumsregulationen am Schädel und Gehirn von Säugetieren in Ontogenese und Pathogenese. 2.Morph.Antrop. 45:73-134, 1953.

8. Sharkey, P.C. Intracranial arteriovenous malformations, a partial community study. Arch.Neurol.(Chicago)12:546-51.May 1965.

9. Stark, D. und H. Frick Repetitorium Anatomicum. Georg-Thieme-Verlag 1962.

. Süsse, H.J. Ist die Asymmetrie der Stirnhöhle von pathognostischer Bedeutung ? Fortschr.Röntgenstr.92:165-170,1960.

. Süsse, H.J. Die Gefäßstrukturen der Schädelknochen, ihre Anomalien und ihre Röntgenpathologie. Handbuch d.Med. Radiologie. Springer-Verlag.7.Band 1963. 1.Teil, S.153-225.

32. Süsse, H.J. — Pneumatisationsproblem der Stirnhöhlen in dynamischer Sicht. Arch.Ohren-,Nasen-u.Kehlkopfkrankh. 184:115-128, 1964.

33. Süsse, H.J. u. U. Mosler — Das Pneumatisationsproblem der Stirnhöhlen in dynamischer Sicht. 2. Mitteilung: Die venösen Verbindungen des Stirnareals mit dem Sinus sagittalis superior. Untersuchungen mit der postmortalen direkten Sinographie. Arch.Klin.exper.Ohren-,Nasen-u.Kehlkopfheilk.190,183-193. 1968.

34. Tatum, E.L. — The role of genes in development. General survey.J.Exp.Zool. (Philadelphia) 157:3-8, Oct. 1964.

35. Weinert, H. — Die Ausbildung der Stirnhöhle als stammesgeschichtliches Merkmal. Z.Morph.Antropol.25, 365. 1926.

36. Zatz, L.M. et al. — Observations concerning intracerebral vascular occlusions. Neurology(Mineap.)15:389-401,Apr.1965 .

Es ist mir eine angenehme Pflicht beim Abschluß der Dissertation Herrn Prof. Dr. med. H.J. Süsse für die Überlassung des Themas, die Ausstellung des Referates und die stets freundlich gewährte Hilfe sowie vieler Anregungen zu dieser Arbeit sehr herzlich zu danken.

Lebenslauf

Am 28. Februar 1939 wurde ich, Eckhard Schröder, als Sohn des damaligen Studienassessors und späteren Oberstudienrates Wilhelm Schröder und seiner Ehefrau Erika Schröder geb. Busch in Siegen/Westf. geboren. Die Kriegszeit verbrachte ich mit meiner Mutter in Weidenau/Sieg; mein Vater war zu dieser Zeit als Leutnant in Rschew (Rußland) und wurde dort 1943 schwer verwundet. - Erst im Herbst des Jahres 1946 konnte ich in Weidenau/Sieg die Herrenfeldschule und später die Friedrich-Flender-Schule besuchen. Im Jahre 1950 bestand ich die Aufnahmeprüfung am Fürst-Johann-Moritz-Gymnasium in Weidenau. In der Obertertia (1955) wechselte ich in den naturwissenschaftlichen Zweig des Städt.Jungengymnasiums nach Siegen über. An dieser Anstalt bestand ich am 29. Februar 1960 die Reifeprüfung. - Das Studium der Medizin begann ich im Sommer-Semester 1960 an der Christian-Albrechts-Universität in Kiel. Dort absolvierte ich die vorklinischen Semester und bestand am 30. Oktober 1961 die naturwissenschaftliche Vorprüfung mit der Note sehr gut und am 28. Februar 1964 in einer Wiederholungsprüfung die Ärztliche Vorprüfung (Physikum). Im Winter-Semester 1963/64 war ich Hilfsassistent am Anatomischen Institut in Kiel bei Herrn Prof.Dr.med. A.v.Kügelgen.
Die klinischen Semester studierte ich an der Philipps-Universität in Marburg/Lahn und schloß das Medizinstudium am 3. August 1967 mit dem Staatsexamen ab.
Als Medizinalassistent arbeitete ich zunächst für zweieinhalb Monate an der Strahlenklinik der Philipps-Universität Marburg (Direktor: Prof.Dr.med. R.du Mesnil de Rochemont). Anschließend war ich neun Monate als Medizinalassistent auf der Chirurgischen Abteilung des Ev. Krankenhauses in Kredenbach Kr.Siegen tätig (Chefarzt Dr.med. E.Wilhelm). Jetzt arbeite ich auf der Internen Abteilung (Chefarzt Dr.med. O. Hoyer) des obengenannten Hauses.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

An der Christian-Albrechtsuniversität in Kiel:

Ax, Bargmann, Grewe, Juza, Keller, Kleinfeller, Knese, v.Kügelgen, Lochte-Holtgrewen, Lullies, Monjé, Netter, Ohlenbusch, Olsche, Overbeck, Schiebler, Thews, Tischler.

An der Philipps-Universität in Marburg/Lahn:

Amon, Beckmann, Berendes, Bickel, Bommer, Braun-Falco, Buchholz, Dittrich, Dölle, Exner, Gedigk, Hamm, Hardewig, Heuser, Hildebrandt, Jakob, Knauff, Korb, Lang, Linneweh, Lübbers, Mann, Martini, Marx, du Mesnil de Rochemont, Neubauer, Rodeck, Rohen, Saalfeld, Schiff, Schleyer, Schmid, W., Schwaiger, Siegert, Straub, Streicher, Süsse, Würterle.